

Marcin Kowalski, Robert Raimann

Symulacja zjawiska superkawitacji z zastosowaniem programu SolidWorks

Wprowadzenie

Badania nad nową technologią wymagają bardzo silnej motywacji twórców oraz często ogromnych nakładów finansowych. Ośrodkiem spełniającym te wymagania jest wojsko. Nieustannie trwający wyścig zbrojeń stwarza niezwykle korzystne warunki do rozwoju myśli technicznej. Nawet jeśli początkowo jej zastosowanie nie ma na celu dobra ludzkości, to zwykle po wielu latach badań jej rezultaty mogą znacząco zrewolucjonizować życie ludzi. Tak właśnie może stać się z niezwykłym zjawiskiem superkawitacji. Jego badacze już dziś zapowiadają m.in. nadejście nowego sposobu podróŜowania.

Dogłębne zrozumienie superkawitacji wymaga wyjaśnienia przypadku kawitacji. Kawitacją nazywany zjawisko przemiany fazowej cieczy z fazy ciekłej w gazową pod wpływem zmiany ciśnienia. Warunki ku temu można uzyskać np. poprzez podgrzanie cieczy ograniczonej powierzchnią. W życiu codziennym możemy to zaobserwować podczas gotowania wody w czajniku, gdzie oznaką zaistnienia zjawiska jest charakterystyczny szum. Innym przykładem są śruby okrętowe (rys. 1), gdzie często przez zjawisko kawitacji dochodzi do ich uszkodzenia [1].

Jest to spowodowane wspomnianą przemianą z fazy ciekłej w gazową w obrębie niewielkich powierzchni. Powstające małe pęcherzyki gazu, cieczy lub jej mieszaniny parowo-gazowej doprowadzają do zaburzenia ciągu pracy śrub napędowych, skracając tym samym ich żywotność. W Polsce badania nad zjawiskiem kawitacji śrub okrętowych przeprowadza w specjalnym tunelu kawitacyjnym Centrum Techniki Okrętowej w Gdańsku.



Rys. 1. Kawitacja na śrubie okrętowej (www.sciencephoto.com)

Zjawisko superkawitacji

Superkawitacją nazywamy zjawisko powstawania bąbla gazowego wokół obiektu poruszającego się pod wodą. Jej pożądanym wynikiem jest częściowa eliminacja oporów przepływu. Zjawisko superkawitacji znalazło zastosowanie w specjalnej torpedzie zwanej torpedą superkawitacyjną. Jej przewagą nad innymi podwodnymi pociskami jest prędkość, z jaką może się poruszać. Przypuszcza się, że jest to nawet 100 m/s. Uzyskanie takich prędkości wymaga zastosowania napędu rakietowego oraz zmniejszenia styku obiektu z wodą.

Najbardziej znanym modelem torpedy superkawitacyjnej wydaje się WA-111 Szkwiał przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Torpeda Szkwiał na targach zbrojeniowych z dobrze widocznym kawitatorem (www.world-affairsboard.com)

Kawitator

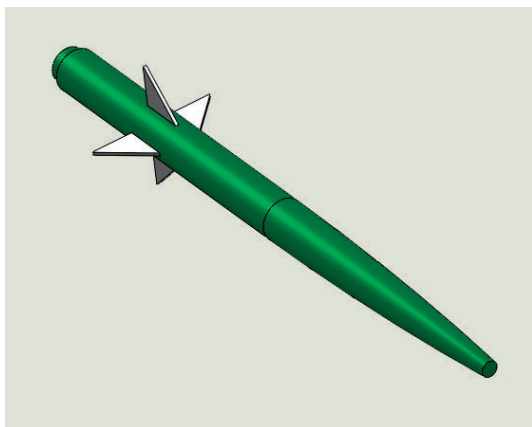
Kawitator o specjalnym kształcie zamontowany na przodzie torpedy ma za zadanie wypuszczać gazy wylotowe ze spalania paliwa, co przyspiesza powstanie i podtrzymuje zjawisko superkawitacji. Można spotkać różne wizualizacje kawitatora (rys. 3). Niewyjaśnione zostaje pytanie, jak duże znaczenie w procesie uzyskania zjawiska ma sam jego kształt, ale wydaje się, iż jest ono bardzo duże.



Rys. 3. Kształty kawitatorów

Badania modelowe

W celu określenia, jakie znaczenie w powstawaniu efektu superkawitacji ma kształt kawitatora, podjęto badania modelowe rozkładu ciśnienia wokół torpedy z kawitorem i bez niego. Przestrzenny model torpedy został wykonany w programie SolidWorks [2] na podstawie dostępnych zdjęć oraz wybiórczych danych wymiarowych (rys. 4). Należy nadmienić, że SolidWorks jest programem, który umożliwia analizowanie przepływów z prędkościami 100 m/s.

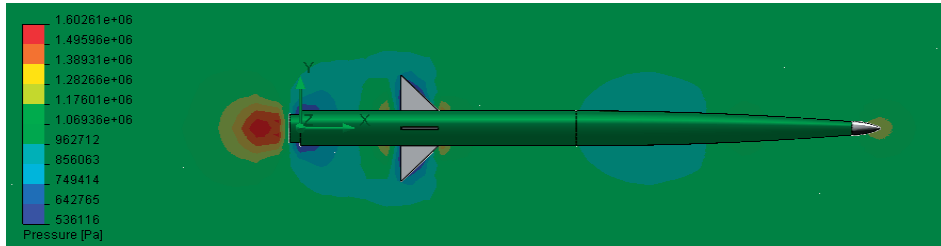


Rys. 4. Przestrzenny model torpedy (bez kawitatora)

By usprawnić obliczenia, model złożeniowy został wykonany z jednolitej bryły. Cztery stateczniki mają jedynie charakter wizualny. W rzeczywistej torpedzie są wysuwane w odpowiednim czasie w celu stabilizacji torpedy we wnęce kawitacyjnej. Podczas symulacji tor przepływu obiektu pozostaje stały.

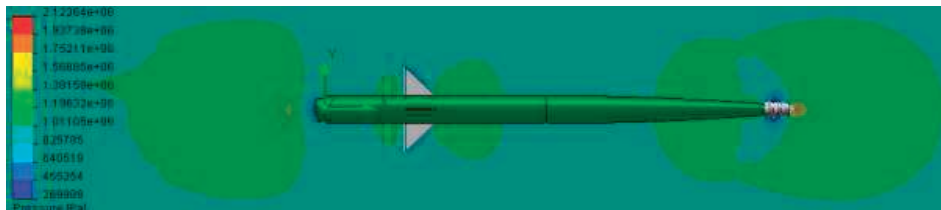
Analiza wyników

Wykonano dwie analizy przepływu cieczy wokół torpedy: z tradycyjnym zakończeniem bez kawitatora (rys. 5) oraz z kawitatorem (rys. 6). W obydwu przypadkach analizowano rozkład ciśnienia wokół torpedy.



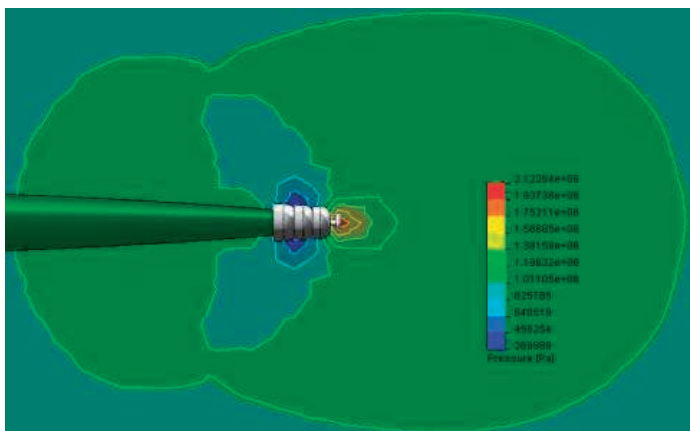
Rys. 5. Rozkład ciśnienia (bez kawitatora)

Jeśli ciało porusza się w wodzie z bardzo dużą prędkością, następuje wokół niego gwałtowny spadek ciśnienia. Już po przekroczeniu 50 m/s, ciśnienie jest tak niskie, że woda zmienia swój stan skupienia z ciekłego w gazowy (następuje gwałtowne odparowanie). Możemy wtedy mówić o powstawaniu zjawiska superkawitacji. Porównując rozkłady ciśnienia dla obydwu przypadków (rys. 5 i 6), możemy stwierdzić, że w przypadku zastosowania kawitatora ciśnienie wokół obiektu (jak również za nim – rys. 8) znacznie maleje, a więc pojawiają się warunki korzystne do wystąpienia superkawitacji.

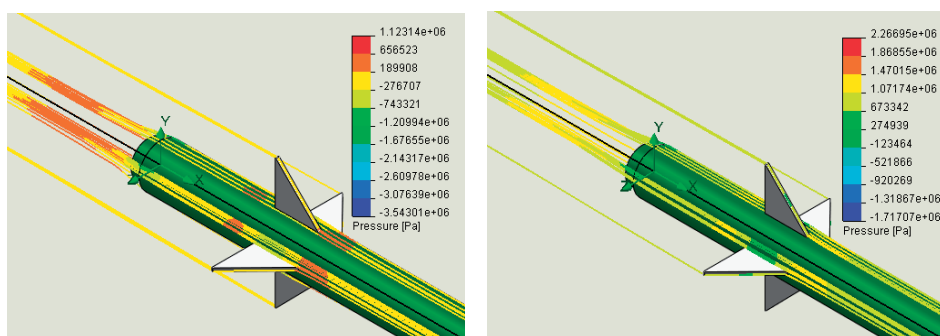


Rys. 6. Rozkład ciśnienia dla modelu z kawitatorem

Na rysunku 7 widać obszar spadku ciśnienia w kształcie litery D bezpośrednio w rejonie kawitatora. Może to być obszar propagacji superkawitacji. Można więc potwierdzić przypuszczenia, że kształt kawitatora ma wpływ na powstawanie zjawiska superkawitacji. Ma swój udział zarówno w zapoczątkowaniu zjawiska, jak i w jego podtrzymaniu.



Rys. 7. Obszar propagacji superkawitacji na kawitatorze



Rys. 8. Ciśnienie za torpedą – bez kawitatora (z lewej), z kawitorem (z prawej)

Podsumowanie

W celu przeprowadzenia symulacji komputerowej zjawiska superkawitacji wybrany został program SolidWorks z dodatkowym modułem Flow Simulation. Mimo ogromnych możliwości jakimi dysponuje, istnieje wiele czynników, które mogą wpływać na jakość otrzymanych wyników. Przede wszystkim superkawitacja wspomagana jest przez system wyłaczania gazu z kawitatora, który nie jest uwzględniony w symulacji. Za pozytywny rezultat należy uznać kształt przedstawiony na rysunku 7. Został on zinterpretowany jako inicjacja zjawiska superkawitacji. Brak jednak jego rozwinięcia, aż do wnęki superkawitacyjnej włącznie, za co może odpowiadać brak wyłaczanego z kawitatora gazu. Uproszczenie symulacji wynikało również z braku dokładnych danych wymiarowych dotyczących torpedy. Model kawitatora został wykonany jedynie na podstawie ogólnikowych informacji i zdjęć. Nie można wykluczyć, iż ma to negatywny wpływ na prawidłowe przeprowadzenie symulacji.

Literatura

- [1] Mitosek M., *Mechanika płynów w inżynierii i ochronie środowiska*, PWN, Warszawa 2001.
[2] Babiuch M., *SolidWorks 2006 w praktyce*, Helion, Gliwice 2007.

Simulation of Supercavitation Phenomena Using SolidWorks

Abstract

The paper presents the research of 3D supercavitating torpedo model. The computer simulations are carried out using SolidWorks software based on computational fluid dynamics (CFD) method. The pressure distributions were obtained for two cases of torpedo geometry: with and without a cavitator.

Key words: supercavitation, computational fluid dynamics, computer simulation

Marcin Kowalski
Instytut Techniki
Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN
ul. Podchorążych 2
30-084 Kraków, Polska

Robert Raimann
Instytut Techniki
Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN
ul. Podchorążych 2
30-084 Kraków, Polska